



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number: 09271151

(43)Date of publication of application: 14.10.1997

(51)Int.Cl.

H02K 1/27

(21)Application number: 08076748

(71)Applicant:

HITACHI LTD
HITACHI CAR ENG CO LTD

(22)Date of filing: 29.03.1996

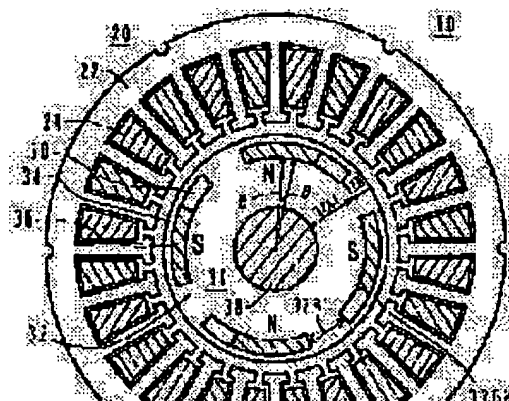
(72)Inventor:

TAJIMA FUMIO
MATSUNOBU YUTAKA
KAWAMATA SHOICHI
SHIBUKAWA SUETARO
KOIZUMI OSAMU
ODA KEIJI(54) PERMANENT-MAGNET ROTATING ELECTRIC MACHINE AND MOTOR CAR
USING ROTATING ELECTRIC THEREOF

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a permanent-magnet rotating electric machine capable of increasing generated torque in spite of the same size as conventional devices and a motor car using the electric machine.

SOLUTION: A rotating electric machine 10 is composed of a stator 20 with a stator core 22, on which a stator winding 24 is wound, and a rotor 30 being rotatably held on the inner circumference of the stator 20 and having a rotor core 32 and a plurality of permanent magnets 36 oppositely arranged to the above-mentioned stator core in the



rotor core 32. The rotor core 30 has permanent-magnet insertion holes 34 having openings larger in the circumferential direction of the rotor core than the size of the permanent magnets 36, and the permanent magnets 36 are inserted into the permanent-magnet insertion holes 34 while being deviated direction of normal rotation of the rotor.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 20.08.1999
[Date of sending the examiner's decision of rejection]
[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]
[Date of final disposal for application]
[Patent number]
[Date of registration]
[Number of appeal against examiner's decision of rejection]
[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]
[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998 Japanese Patent Office

[MENU](#)

[SEARCH](#)

[INDEX](#)

[DETAIL](#)

1DS

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-271151

(43) 公開日 平成9年(1997)10月14日

(51) Int.Cl. ⁸	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 2 K 1/27	5 0 1		H 0 2 K 1/27	5 0 1 A 5 0 1 E

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願平8-76748

(22) 出願日 平成8年(1996)3月29日

(71) 出願人 000005108
株式会社日立製作所
東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地
(71) 出願人 000232999
株式会社日立カーエンジニアリング
312 茨城県ひたちなか市高場2477番地
(72) 発明者 田島 文男
茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社日立製作所日立研究所内
(72) 発明者 松延 豊
茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社日立製作所日立研究所内
(74) 代理人 弁理士 春日 謙

Fumio et al

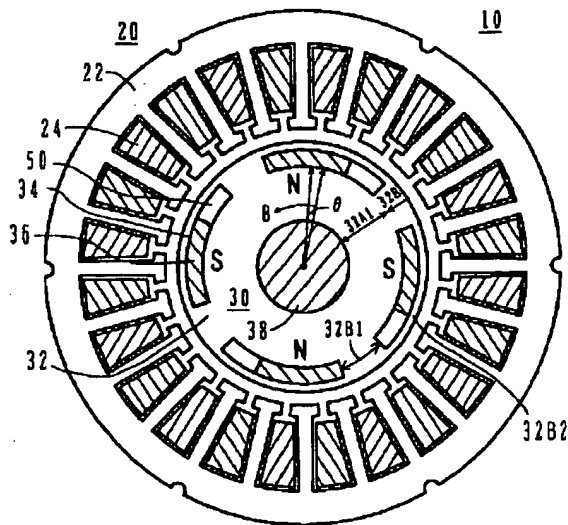
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 永久磁石回転電機及びそれを用いた電動車両

(57) 【要約】

【課題】本発明の目的は、従来と同様の大きさでありながら、発生するトルクを大きくすることができる永久磁石回転電機及びそれを用いた電動車両を提供するにある。

【解決手段】回転電機10は、固定子巻線24を巻回した固定子鉄心22を有する固定子20と、固定子20の内周に回転可能に保持され、回転子鉄心32とこの回転子鉄心32の内部に上記固定子鉄心と対向して配置された複数の永久磁石36を有する回転子30とから構成されている。回転子鉄心30は、永久磁石36の大きさより回転子鉄心の周方向に大きい開口を有する永久磁石挿入孔34を備えており、永久磁石36は、永久磁石挿入孔34の中に、回転子の常用の回転方向に偏って挿入されている。



10: 永久磁石回転電機	30: 回転子
20: 固定子	32: 回転子鉄心
22: 固定子鉄心	34: 永久磁石挿入穴
24: 固定子巻線	36: 永久磁石

【特許請求の範囲】

【請求項1】 固定子巻線を巻回した固定子鉄心を有する固定子と、この固定子の内周に回転可能に保持され、磁性材からなる回転子鉄心とこの回転子鉄心の内部に上記固定子鉄心と対向して配置された複数個の永久磁石を有する回転子とから構成された永久磁石回転電機において、

上記回転子の常用の回転方向と反対方向に、上記永久磁石に隣接して非磁性材からなる非磁性材部を設けたことを特徴とする永久磁石回転電機。

【請求項2】 請求項1記載の永久磁石回転電機において、

上記回転子鉄心は、上記永久磁石の大きさより上記回転子鉄心の周方向に大きい開口を有する永久磁石挿入孔を備え、

上記永久磁石は、上記永久磁石挿入孔の中に、上記回転子の常用の回転方向に偏って挿入され、上記挿入孔に形成された空隙部が、上記非磁性材部であることを特徴とする永久磁石回転電機。

【請求項3】 請求項1記載の永久磁石回転電機において、

上記回転子鉄心は、上記回転子鉄心の半径方向の一部であって、上記回転子の常用の回転方向と反対方向において、上記永久磁石の大きさより大きい開口を有する永久磁石挿入孔を備え、

上記永久磁石は、上記永久磁石挿入孔の中に挿入され、上記挿入孔に形成された空隙部が、上記非磁性材部であることを特徴とする永久磁石回転電機。

【請求項4】 請求項2若しくは請求項3記載の永久磁石回転電機において、

上記空隙部に非磁性材からなる樹脂を充填したことを特徴とする永久磁石回転電機。

【請求項5】 請求項1記載の永久磁石回転電機において、

上記永久磁石の周方向の長さを、隣合う上記永久磁石間に存在する上記磁性材からなる補助磁極部の周方向の長さより短くしたことを特徴とする永久磁石回転電機。

【請求項6】 請求項1記載の永久磁石回転電機において、

上記永久磁石は、その形状が直方体であることを特徴とする永久磁石回転電機。

【請求項7】 請求項1記載の永久磁石回転電機において、

同一のトルク指令に対して、上記回転子の正転時と逆転時とで異なる電流を上記固定子巻線に通電することを特徴とする永久磁石回転電機。

【請求項8】 固定子巻線を巻回した固定子鉄心を有する固定子と、この固定子の内周に回転可能に保持され、磁性材からなる回転子鉄心とこの回転子鉄心の内部に上記固定子鉄心と対向して配置された複数個の永久磁石を

有する回転子とから構成された永久磁石回転電機において、

上記固定子と上記回転子の間に形成される空隙の長さを、上記永久磁石のそれぞれに対向する領域毎に、上記回転子の回転方向と反回転方向で変えることを特徴とする永久磁石回転電機。

【請求項9】 請求項8記載の永久磁石回転電機において、

上記固定子と上記回転子の間に形成される空隙の長さを、上記永久磁石のそれぞれに対向する領域毎に、上記回転子の回転方向側で小さくし、反回転方向側で大きくするように構成したことを特徴とする永久磁石回転電機。

【請求項10】 固定子巻線を巻回した固定子鉄心を有する固定子と、この固定子の内周に回転可能に保持され、回転子鉄心とこの回転子鉄心の内部に上記固定子鉄心と対向して配置された複数個の永久磁石を有する回転子とから構成された永久磁石回転電機を備え、この永久磁石回転電機により車輪の駆動される永久磁石

回転電機を用いた電動車両において、

上記回転子の常用の回転方向と反対方向に、上記永久磁石に隣接して非磁性材からなる非磁性材部を設けたことを特徴とする永久磁石回転電機を用いた電動車両。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、永久磁石回転電機及びそれを用いた電動車両に係り、特に、内部磁石型回転電機に好適な永久磁石回転電機及びそれを用いた電動車両に関する。

【0002】

【従来の技術】電動車両、特に、電気自動車において使用される駆動電動機は、電気自動車として積載されるバッテリーの量が限定され、かつ、そのバッテリー容量で十分な充電走行距離を確保することが必要のために、小型軽量、高効率であることが望まれている。

【0003】電動機を小型軽量化するためには、高速回転に適していることが要望される。また、高効率電動機としては、直流電動機や誘導電動機よりも永久磁石電動機が推奨できる。特に、永久磁石を回転子の外周に配置する表面磁石電動機に比較して、永久磁石よりも高い透磁率を有する例えば、珪素鋼板の中に永久磁石保持部を有するいわゆる内部磁石電動機が適している。内部磁石永久磁石電動機は、弱め界磁制御によって高速まで運転できる点や、弱め界磁制御によって高効率にできるためである。

【0004】内部永久磁石回転電機としては、例えば、特開平5-219669号公報や特開平7-39091号公報の図5に記載のものが知られている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】上述したような内部永

久磁石回転電機において、発生するトルクを大きくしようとする、使用する永久磁石を大きくし、発生する磁束密度を大きくすることが考えられるが、永久磁石を大きくすると、回転電機本体も大型化するという問題がある。電動車両に用いる回転電機においては、小型軽量で、高速回転が可能であることが要求されている。

【0006】本発明の目的は、従来と同様の大きさでありながら、発生するトルクを大きくすることができる永久磁石回転電機及びそれを用いた電動車両を提供するにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明は、固定子巻線を巻回した固定子鉄心を有する固定子と、この固定子の内周に回転可能に保持され、磁性材からなる回転子鉄心とこの回転子鉄心の内部に上記固定子鉄心と対向して配置された複数個の永久磁石を有する回転子とから構成された永久磁石回転電機において、上記回転子の常用の回転方向と反対方向に、上記永久磁石に隣接して非磁性材からなる非磁性材部を設けるように構成したものであり、かかる構成によって、回転方向に対する発生トルクを大きくし得るものとなる。

【0008】上記永久磁石回転電機において、好ましくは、上記回転子鉄心は、上記永久磁石の大きさより上記回転子鉄心の周方向に大きい開口を有する永久磁石挿入孔を備え、上記永久磁石は、上記永久磁石挿入孔の中に、上記回転子の常用の回転方向に偏って挿入され、上記挿入孔に形成された空隙部が、上記非磁性材部であるようにしたものであり、かかる構成により、使用する磁石量を減らし得るものとなる。

【0009】上記永久磁石回転電機において、好ましくは、上記回転子鉄心は、上記回転子鉄心の半径方向の一部であって、上記回転子の常用の回転方向と反対方向において、上記永久磁石の大きさより大きい開口を有する永久磁石挿入孔を備え、上記永久磁石は、上記永久磁石挿入孔の中に挿入され、上記挿入孔に形成された空隙部が、上記非磁性材部であるようにしたものであり、かかる構成により、磁石量を大きくして、発生するトルクを大きくし得るものとなる。

【0010】上記永久磁石回転電機において、好ましくは、上記空隙部に非磁性材からなる樹脂を充填するようにしたものであり、かかる構成により、構造的に強固にし得るものとなる。

【0011】上記永久磁石回転電機において、好ましくは、上記永久磁石の周方向の長さを、隣合う上記永久磁石間に存在する上記磁性材からなる補助磁極部の周方向の長さより短くするようにしたものであり、かかる構成により、補助磁極部で発生するリラクタンストルクを大きくし得るものとなる。

【0012】上記永久磁石回転電機において、好ましくは、上記永久磁石は、その形状が直方体としたものであ

り、かかる構成により、バランスがよく、高速回転に適し得るものとなる。

【0013】上記永久磁石回転電機において、好ましくは、同一のトルク指令に対して、上記回転子の正転時と逆転時とで異なる電流を上記固定子巻線に通電するようにしたものであり、かかる構成により、正転時の消費電力を小さくし得るものとなる。

【0014】上記目的を達成するために、本発明は、固定子巻線を巻回した固定子鉄心を有する固定子と、この固定子の内周に回転可能に保持され、磁性材からなる回転子鉄心とこの回転子鉄心の内部に上記固定子鉄心と対向して配置された複数個の永久磁石を有する回転子とから構成された永久磁石回転電機において、上記固定子と上記回転子の間に形成される空隙の長さを、上記永久磁石のそれぞれに対向する領域毎に、上記回転子の回転方向と反回転方向で変えるように構成したものであり、かかる構成によって、回転方向に対する発生トルクを大きくし得るものとなる。

【0015】上記永久磁石回転電機において、好ましくは、上記固定子と上記回転子の間に形成される空隙の長さを、上記永久磁石のそれぞれに対向する領域毎に、上記回転子の回転方向側で小さくし、反回転方向側で大きくするように構成したものであり、かかる構成によって、回転方向に対する発生トルクを大きくし得るものとなる。

【0016】上記目的を達成するために、本発明は、固定子巻線を巻回した固定子鉄心を有する固定子と、この固定子の内周に回転可能に保持され、回転子鉄心とこの回転子鉄心の内部に上記固定子鉄心と対向して配置された複数個の永久磁石を有する回転子とから構成された永久磁石回転電機を備え、この永久磁石回転電機により車輪の駆動される永久磁石回転電機を用いた電動車両において、上記回転子の常用の回転方向と反対方向に、上記永久磁石に隣接して非磁性材からなる非磁性材部を設けるようにしたものであり、かかる構成によって、一充電走行距離を長くし得るものとなる。

【0017】

【発明の実施の形態】以下、本発明の一実施の形態による永久磁石回転電機について、図1、図2、図3、図4を用いて説明する。図1は、本発明の一実施の形態による永久磁石回転電機の正面側から見た部分断面図であり、図2は、図1のA-A断面を示し、本発明の一実施の形態による永久磁石回転電機の断面図であり、図3は、本発明の一実施の形態による永久磁石回転電機の制御回路の回路図であり、図4は、本発明の一実施の形態による永久磁石回転電機の動作原理図である。

【0018】図1において、回転電機10の固定子20は、固定子鉄心22と、この固定子鉄心22に巻回された多相の固定子巻線24と、固定子鉄心22をその内周面に固定保持するハウジング26から構成されている。

回転子30は、回転子鉄心32と、回転子鉄心32に設けられた永久磁石挿入孔34に挿入された永久磁石36と、シャフト38とから構成されている。シャフト38は、ベアリング42、44によって回転自在に保持されている。ベアリング42、44は、エンドブラケット46、48によって支持されており、エンドブラケット46、48は、ハウジング26の両端にそれぞれ固定されている。

【0019】また、回転子30の永久磁石36の位置を検出する磁極位置検出器PS及び回転子30の位置を検出するエンコーダEが、回転子30の側面側に配置されている。回転電機10は、磁極位置検出器PSの信号と、エンコーダEの出力信号によって、図3によって後述する制御装置によって運転制御される。

【0020】図2は、図1のA-A矢視の断面図であるが、ハウジングの図示は省略してある。図2において、回転電機10は、固定子20と回転子30とから構成されている。固定子20は、固定子鉄心22と固定子巻線24から構成される。固定子巻線24は、固定子鉄心22に巻回されている。

【0021】回転子30は、高透磁率磁性材料である、例えば、複数枚の珪素鋼板が積層されている回転子鉄心32と、回転子鉄心32に設けられた4個の永久磁石挿入孔34に挿入された4個の永久磁石36と、シャフト38から構成されている。4個の永久磁石36は、極性が互いに反対方向になるように、回転子鉄心32の周方向に等間隔で配置されている。

【0022】回転子鉄心32は、永久磁石挿入孔34とシャフト38を通す孔が打ち抜かれる構造となっている。永久磁石挿入孔34とシャフト38を通す孔が打ち抜かれ珪素鋼板を積層し、貫通する永久磁石挿入孔34とシャフト38を通す孔の中に永久磁石36及びシャフト38が挿入されて回転子30を構成する。

【0023】永久磁石回転子30は、矢印（反時計）方向Bに回転し、電動機として運転するものとする。使用する永久磁石36の形状は、円弧形状のものとする。

【0024】回転子鉄心32を半径方向に分けると、内周側のヨーク部32Aと、外周部32Bに分けられる。また、回転子鉄心32の外周部32Bを周方向に2つの部分に分けると、補助磁極部32B1と、磁極片部32B2に分けられる。補助磁極部32B1は、隣合う永久磁石挿入孔34に挟まれる領域であり、磁石の磁気回路をバイパスして、固定子の起磁力によって直接磁束を固定子側に発生させる領域である。磁極片部32B2は、回転子鉄心32の外周部32Bの中で、永久磁石36の外周側に位置する領域であり、永久磁石36からの磁束B ϕ がギャップを介して固定子20側に流れて磁気回路を構成する領域である。

【0025】永久磁石36は、補助磁極部32B1によって周方向を覆われ、磁極片部32B2によって外周を

覆われた永久磁石挿入孔34の中に収納することができ、高速回転に適した電動機とすることができる。

【0026】ここで、特徴とする点は、永久磁石36は永久磁石挿入孔34の回転方向Bに偏って挿入されるようにしてある。永久磁石挿入孔34は、永久磁石36の大きさよりも、周方向において大きく形成されており、この永久磁石挿入孔34の中に、永久磁石36は回転方向Bに偏って挿入されている。

【0027】電動車両に用いる回転電機としては、その回転方向は、一方向に限られている。即ち、電動車両が前進するときに、回転電機が矢印方向Bに回転するとすると、電動車両が後進するときにも、回転電機が矢印方向Bに回転するようにしている。電動車両が後進するときには、変速機構により、回転電機の回転数を減速すると同時に、伝達される回転方向を逆転するようにしている。従って、回転電機が発生するトルクは、回転方向Bに対して十分に大きなトルクを発生すればよく、矢印B方向と反対方向（時計回り方向）に回転するトルクは小さいものであってもよい。そのような観点に立って、回転電機が発生するトルクを矢印方向Bの時大きくし、反対方向の時小さくするための構成が、永久磁石36を永久磁石挿入孔34の回転方向Bに偏って挿入するようにした点にある。

【0028】永久磁石36の反回転方向には、空隙部50ができていく。空隙部50は、非磁性材部となるため、ここからの磁気漏洩が少なく、永久磁石を有効に利用できるとともに使用磁石量を少なくすることができ、磁極片部32B2及び補助磁極部32B1にかかる永久磁石36の遠心力は少なくなり、高速回転に適した構造とすることができる。

【0029】永久磁石36の反回転方向の空隙部50は、空気が存在する空間としても非磁性材部として機能するが、空気に替えて、非磁性材、例えばワニス等によって充填することにより、構造的により強固にすることができる。

【0030】次に、図3を用いて、本実施の形態による永久磁石回転電機を制御する制御装置について説明する。

【0031】直流電源80よりインバータ82を介して回転電機10の固定子巻線24に電力を供給する。速度制御回路（ASR）84は、速度指令 ω_s と、エンコーダEからの位置情報 θ からF/V変換器86を介して得られる実際の速度 ω_f とから速度差 ω_e を算出し、これにPI制御（P：比例項、I：積分項）等によってトルク指令、即ち、電流指令 I_s と回転子30の回転角 θ_1 を出力する。

【0032】位相シフト回路88は、エンコーダEよりのパルス、即ち、回転子の位置情報 θ を、速度制御回路（ASR）84からの回転角 θ_1 の指令に応じて位相シフトして出力する。正弦波・余弦波発生器90は、回転

子30の永久磁石磁極の位置を検出する位置検出器PSと、位相シフト回路88からの位相シフトされた回転子の位置情報 θ に基づいて、固定子巻線24の各巻線(ここでは3相)の誘起電圧を位相シフトした正弦波出力を発生する。位相シフト量は、零の場合でもよい。

【0033】2相-3相変換回路92は、速度制御回路(ASR)84からの電流指令 I_s と正弦波・余弦波発生器90の出力に応じて、各相に電流指令 I_{sa} 、 I_{sb} 、 I_{sc} を出力する。各相はそれぞれ個別に電流制御系(ACR)94A、94B、94Cを持ち、電流指令 I_{sa} 、 I_{sb} 、 I_{sc} と電流検出器CTからの電流検出信号 I_{fa} 、 I_{fb} 、 I_{fc} に応じた信号を、インバータ82に送って各相電流を制御する。この場合、各相合成の電流は、界磁磁束に直角、あるいは位相シフトした位置に常に形成され、これによって無整流子で、かつ直流機と同等の特性を得ることができる。

【0034】ここで、電機自動車に適用する場合には、制御装置は、速度制御回路84ではなく、直接トルクを制御するトルク制御系を有する。即ち、速度制御回路84に替えて、トルク制御回路を使用する。トルク制御回路は、入力信号として、トルク T_s と、トルク検出器によって得られる実際のトルク T_f とからトルク T_e を算出し、これにPI制御(P:比例項、I:積分項)等により*

$$T = EO \cdot I_q / \omega + (X_q \cdot I_q \cdot I_d + X_d \cdot I_d \cdot I_q) / \omega \quad \dots (1)$$

ここで、EO:一相の誘起電圧

ω :回転速度

I_q :q軸電流

I_d :d軸電流

X_q :q軸リアクタンス

X_d :d軸リアクタンス

を表している。

【0039】式(1)は、一般の突極型の永久磁石電動機のトルクの一般式である。第一項が永久磁石による成分で、第二項がリラクタンス成分で補助磁極部32B1による成分である。第一項の永久磁石による成分を大きくするためには、永久磁石36の周方向長さを大きくする必要があり、第二項のリラクタンス成分を大きくする*

$$T = EO \cdot I_q \cdot \cos \theta / \omega + (EO \cdot I_d \cdot \sin \theta + X_q \cdot I_q \cdot I_d - X_d \cdot I_d \cdot I_q) / \omega \quad \dots (2)$$

ここで、 θ は、EOと I_q との位相差を示し、構造上は永久磁石36と補助磁極32B1とのなす角度の90度からのずれる角度を示したものである。また、図1において、永久磁石挿入孔34の周方向の中心位置に対して、永久磁石36の周方向の中心位置のなす角度 θ である。

【0043】式(1)と、式(2)を比較すると、 θ が小さい間は、式(1)に比較して式(2)の第一項の減少はわずかである。一方、第二項では、 $\sin \theta$ の値

*によってトルク指令、即ち、電流指令 I_s と回転子30の回転角 θ を出力する。

【0035】永久磁石回転電機においては、トルクは電流に直接比例するために電流制御系を速度制御回路84の代わりに配置される。

【0036】次に、本実施の形態による永久磁石回転電機の動作原理について、図4を用いて説明する。なお、図4(A)は、本実施の形態による永久磁石回転電機の動作原理の説明図であり、図4(B)は、比較のために、従来方式の動作原理の説明図である。

【0037】ここで、従来方式とは、図1において、永久磁石挿入孔34の全体に永久磁石を入れた方式のことである。かかる従来方式においては、図4(B)に示すように、永久磁石36'はd軸に配置され、永久磁石より高い透磁率を有する補助磁極部32B1の位置はq軸に配置される。この場合、各ベクトルは、図4(B)で表される。ここで、d軸電流 I_d 、q軸電流 I_q の合成である電流 I_m は、図3に示した制御回路の電流指令 I_{sa} 、 I_{sb} 、 I_{sc} や電動機の磁極位置検出器PSやエンコーダEの出力位置の計算等によって図示の位置に制御される。このときのトルクは、以下の式(1)で表わすことができる。

【0038】

※には補助磁極部82の周方向成分を大きくする必要がある。

【0040】従来方式の構造では、図4(B)で示したように、永久磁石36と補助磁極部32B1とが直交して配置されているために発生トルクが小さいものであった。

【0041】それに対して、本発明によれば、図1で示すように回転方向に永久磁石を配置しているために、図4(a)で示すように永久磁石36による誘起電圧は I_q に対して θ だけ移動した位置に発生し、以下で示すトルクが発生する。

【0042】

は、他の定数に対して比較的大きな値と成るために、発生トルクは大きくなる。

【0044】これは、本発明と従来方式では、誘起電圧EOが同じとの考えで行ったためにトルクが大きくなる結果となった。実際には、本実施の形態では、永久磁石の使用量が少ないために誘起電圧が少なくなり、トルクは増加はしないが、使用磁石量に対するトルクを高めることができる。

【0045】また、使用磁石量の減少は、高速時の永久

磁石の発生電圧を押さえることができ、故障時に電動機よりバッテリーへの電力交換をなくことができ、電動機とインバータ間のコンタクタ等の機器を設置する必要をなくすることができる。

【0046】以上のことは、反時計方向Bに回転した場合に有効である。しかし、時計方向に回転した場合には、逆に、誘機電圧EOとq軸電流の位相差は逆となり、式(2)より理解されるように、トルクは従来例より小さくなる。

【0047】従って、以上の本実施の形態の構造においては、同じトルク指令に対して反時計方向に回転している場合の電流指令Isa, Isb, Iscと時計方向に回転している場合の電流指令Isa, Isb, Iscとでは大きさを変える必要がある。つまり、反時計方向回転の電流指令は、時計方向の電流指令よりも同一のトルク指令に対して小さくすることができるため、消費電力を小さくすることができる。

【0048】以上のようにして、発生するトルクを回転方向によって異ならせ、一方向にのみ大きなトルクを発生するようにすることができる。従って、常用の回転方向のトルクを大きくしておけば、小型軽量でかつ高効率の回転電機とすることができる。

【0049】また、機械的に強い珪素鋼板の中に永久磁石を収納することによって、機械的に高速回転に適した回転電機とすることができる。

【0050】また、磁氣的にも弱め界磁制御に適する構成となっており、高速回転に適した回転電機とすることができる。

【0051】本実施の形態によれば、永久磁石を挿入孔の回転方向に偏って挿入することにより、回転方向に対するトルクを大きくすることができる。

【0052】また、永久磁石の周囲を珪素鋼板で覆う構成とすることにより、高速回転に適したものとなる。

【0053】次に、本発明の他の実施の形態による永久磁石回転電機について、図5を用いて説明する。図5は、本発明の他の実施の形態による永久磁石回転電機の断面図である。本実施の形態による回転電機の全体構造は、図1に示したとおりである。

【0054】回転電機10は、固定子20と回転子30とから構成されている。固定子20は、固定子鉄心22と固定子巻線24から構成される。固定子巻線24は、固定子鉄心22に巻回されている。

【0055】回転子30は、高透磁率磁性材料である、例えば、複数枚の珪素鋼板が積層されている回転子鉄心32と、回転子鉄心32に設けられた4個の永久磁石挿入孔34に挿入された4個の永久磁石36と、シャフト38から構成されている。4個の永久磁石36は、極性が互いに反対方向になるように、回転子鉄心32の周方向に等間隔で配置されている。

【0056】回転子鉄心32は、永久磁石挿入孔34と

シャフト38を通す孔が打ち抜かれる構造となっている。永久磁石挿入孔34とシャフト38を通す孔が打ち抜かれ珪素鋼板を積層し、貫通する永久磁石挿入孔34とシャフト38を通す孔の中に永久磁石36及びシャフト38が挿入されて回転子30を構成する。

【0057】永久磁石回転子30は、矢印(反時計)方向Bに回転し、電動機として運転するものとする。使用する永久磁石36の形状は、直方体のものとする。

【0058】永久磁石36は、補助磁極部によって周方向を覆われ、磁極片部によって外周を覆われた永久磁石挿入穴34の中に収納することができ、高速回転に適した電動機とすることができる。補助磁極部及び磁極片部については、図2において説明したものと同一である。但し、永久磁石の形状を直方体としたことにより、磁極片部が円弧と直線で囲まれる半円形状となっている。

【0059】ここで、特徴とする点は、永久磁石36は、永久磁石挿入孔34の回転方向Bに偏って挿入されるようにしてある。その結果、回転電機が発生するトルクは、回転方向Bに対して十分に大きなトルクを発生し、矢印B方向と反対方向(時計回り方向)に回転するトルクは小さくなっている。

【0060】永久磁石36は、反回転方向に空隙部50ができるため、ここからの磁気漏洩が少なく、永久磁石を有効に利用できるとともに使用磁石量を少なくすることができ、磁極片部及び補助磁極部にかかる永久磁石36の遠心力は少なくなり、高速回転に適した構造とすることができる。

【0061】永久磁石36の反回転方向の空隙部50は、非磁性材、例えばワニス等によって充填してあり、構造的により強固にすることができる。

【0062】また、永久磁石36の周方向の長さL1を補助磁極部L2の長さより短くすることによって、矢印方向Bに回転する時に発生するトルクをより大きくすることができる。この場合、補助磁極部の周方向長さを大きくすることによって、補助磁極部のリラクタンストルクを大きくすることができる。

【0063】永久磁石の形状を直方体とすることにより、磁石が容易に作ることができる。また、磁石挿入孔への寸法交差も少なく済むため、バランスのよい、高速回転に適した永久磁石回転電機を提供することができる。

【0064】本実施の形態によれば、永久磁石を挿入孔の回転方向に偏って挿入することにより、回転方向に対するトルクを大きくすることができる。

【0065】また、直方体の磁石を用いることにより、磁石が容易に作ることができる。

【0066】さらに、磁石挿入孔への寸法交差も少なく済むため、バランスのよい、高速回転に適したものとすることができる。

【0067】次に、本発明の第3の実施の形態による永

久磁石回転電機について、図6を用いて説明する。図6は、本発明の第3の実施の形態による永久磁石回転電機の断面図である。本実施の形態による回転電機の全体構造は、図1に示したとおりである。

【0068】回転電機10は、固定子20と回転子30とから構成されている。固定子20は、固定子鉄心22と固定子巻線24から構成される。固定子巻線24は、固定子鉄心22に巻回されている。

【0069】回転子30は、高透磁率磁性材料である。例えば、複数枚の珪素鋼板が積層されている回転子鉄心32と、回転子鉄心32に設けられた4個の永久磁石挿入孔34に挿入された4個の永久磁石36と、シャフト38から構成されている。4個の永久磁石36は、極性が互いに反対方向になるように、回転子鉄心32の周方向に等間隔で配置されている。

【0070】回転子鉄心32は、永久磁石挿入孔34とシャフト38を通す孔が打ち抜かれる構造となっている。永久磁石挿入孔34とシャフト38を通す孔が打ち抜かれ珪素鋼板を積層し、貫通する永久磁石挿入孔34とシャフト38を通す孔の中に永久磁石36及びシャフト38が挿入されて回転子30を構成する。

【0071】永久磁石回転子30は、矢印（反時計）方向Bに回転し、電動機として運転するものとする。使用する永久磁石36の形状は、円弧状のものとする。

【0072】永久磁石36は、補助磁極部によって周方向を覆われ、磁極片部によって外周を覆われた永久磁石挿入穴34の中に収納することができ、高速回転に適した電動機とすることができる。補助磁極部及び磁極片部については、図2において説明したものと同じである。

【0073】ここで、特徴とする点は、永久磁石挿入孔34の回転方向Bと反対方向の外周に空隙部52を設けたことにある。即ち、永久磁石挿入孔34の形状は、回転子鉄心32の半径方向の一部であって、回転子の回転方向Bと反対側において、永久磁石36の大きさよりも大きい開口を有している。その結果、回転電機が発生するトルクは、回転方向Bに対して十分に大きなトルクを発生し、矢印B方向と反対方向（時計回り方向）に回転するトルクは小さくなっている。永久磁石36は、反回転方向に空隙部52ができるため、ここからの磁気漏洩が少なく、永久磁石を有効に利用できる。また、図2に比べて大きな磁石を使用できるため、発生するトルクを大きくできる。

【0074】永久磁石36の反回転方向の空隙部52は、非磁性材、例えばワニス等によって充填してあり、構造的により強固にすることができる。

【0075】また、永久磁石36の外周に位置する磁極片部32B2の半径方向の厚さを周方向で変えたことにある。具体的には、反回転方向の磁極片の厚さ t_1 を厚くし、時計方向の磁極片の厚さ t_2 を薄くする構成としている。

【0076】このように構成することによって、無負荷時には、反時計方向Bの磁極片を介して回転子鉄心32のヨーク部32Aに磁束は漏洩し、誘起電圧を低く押さえることができる。従って、高速回転時のインバータの故障時にもバッテリーへの電力の変換がなく、コンタクタ等を省略することができる。

【0077】本実施の形態によれば、永久磁石を挿入孔の反回転方向の外周に空隙部を設けることにより、回転方向に対するトルクを大きくすることができる。

【0078】また、磁極片部の厚さを回転方向で厚くすることにより、高速回転時のインバータの故障時にもバッテリーへの電力の変換がなく、コンタクタ等を省略することができる。

【0079】次に、本発明の第4の実施の形態による永久磁石回転電機について、図7を用いて説明する。図7は、本発明の第4の実施の形態による永久磁石回転電機の断面図である。本実施の形態による回転電機の全体構造は、図1に示したとおりである。

【0080】回転電機10は、固定子20と回転子30とから構成されている。固定子20は、固定子鉄心22と固定子巻線24から構成される。固定子巻線24は、固定子鉄心22に巻回されている。

【0081】回転子30は、高透磁率磁性材料である。例えば、複数枚の珪素鋼板が積層されている回転子鉄心32と、回転子鉄心32に設けられた4個の永久磁石挿入孔34に挿入された4個の永久磁石36と、シャフト38から構成されている。4個の永久磁石36は、極性が互いに反対方向になるように、回転子鉄心32の周方向に等間隔で配置されている。

【0082】回転子鉄心32は、永久磁石挿入孔34とシャフト38を通す孔が打ち抜かれる構造となっている。永久磁石挿入孔34とシャフト38を通す孔が打ち抜かれ珪素鋼板を積層し、貫通する永久磁石挿入孔34とシャフト38を通す孔の中に永久磁石36及びシャフト38が挿入されて回転子30を構成する。

【0083】永久磁石回転子30は、矢印（反時計）方向Bに回転し、電動機として運転するものとする。使用する永久磁石36の形状は、円弧状のものとする。

【0084】永久磁石36は、磁極片部32B2によって外周を覆われた永久磁石挿入穴34の中に収納することができ、高速回転に適した電動機とすることができる。磁極片部については、図2において説明したものと同じである。但し、永久磁石の形状を直方体としたことにより、磁極片部が円弧と直線で囲まれる半円形状となっている。

【0085】ここで、特徴とする点は、空隙長を永久磁石のそれぞれに対向する領域毎に、周方向で変えたことにある。具体的には、それぞれの永久磁石36に対向する空隙において、反時計方向Bの空隙長 t_3 を小さくし、時計方向の空隙長 t_4 を大きくする。永久磁石の先

端側（回転方向側）の空隙長 t_3 が、反回転方向にいくにしたがって徐々に広くなり、後端側（反回転方向側）において、最大の空隙長 t_4 となるようになっている。かかる構成とすることによって、回転子鉄心の q 軸成分は磁極片部32B2の間ではなく、その反時計方向に移動する。これによって図4（A）で示した原理と同様にトルクの向上を図ることが可能である。

【0086】また、隣合う永久磁石挿入孔34の間には、空隙部62を設けてある。空隙部62を設けることにより、補助磁極部の幅を狭くすることができるため、漏洩磁束を小さくすることができる。空隙部62には、非磁性材、例えばワニス等によって充填してあり、構造的により強固にすることができる。

【0087】本実施の形態によれば、永久磁石の外周の空隙長を周方向で変えることにより、回転方向に対するトルクを大きくすることができる。

【0088】以上の説明では、回転電機について説明を行ったが、リニアモータ駆動にも適用することができる。この場合には、移動子の移動方向に対して中心位置より永久磁石をずらして配置すればよい。

【0089】また、以上の説明では、180度通電形の永久磁石回転電機で説明したが、120度通電型のブラシレスモータ方式でも適用できることは言うまでもないことである。また、発電機としても応用することが可能である。

【0090】次に、本発明の第5の実施の形態による永久磁石回転電機を用いた電気自動車について、図8を用いて説明する。図8は、本発明の第5の実施の形態による永久磁石回転電機を搭載した電気自動車のブロック構成図である。

【0091】電気自動車の車体100は、4つの車輪110、112、114、116によって支持されている。この電気自動車は、前輪駆動であるため、前方の車輪154には、永久磁石回転電機120が直結して取り付けられている。永久磁石回転電機120は、制御装置130によって駆動トルクが制御される。制御装置130の動力源としては、バッテリー140が備えられ、このバッテリー140から電力が制御装置130を介して、永久磁石回転電機120に供給され、永久磁石回転電機120が駆動されて、車輪110、114が回転する。ハンドル150の回転は、ステアリングギア152及びタイロッド、ナックルアーム等からなる伝達機構を介して、2つの車輪110、114に伝達され、車輪の角度が変えられる。

【0092】なお、以上の実施例では、永久磁石回転電機を電気自動車の車輪の駆動に用いるものとして説明したが、電気機関車等の車輪の駆動にも使用できるものである。

【0093】本実施の形態によれば、永久磁石回転電機を電動車両、特に電気自動車に適用すれば、小型軽量高

効率の永久磁石回転電機駆動装置を搭載でき、一充電走行距離の長い電気自動車を提供することができる。

【0094】

【発明の効果】本発明によれば、永久磁石回転電機の回転方向の発生トルクを大きくすることができ、永久磁石回転電機を用いた電動車両においては、一充電走行距離を長くすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施の形態による永久磁石回転電機の正面側から見た部分断面図である。

【図2】図1のA-A断面を示し、本発明の一実施の形態による永久磁石回転電機の断面図である。

【図3】本発明の一実施の形態による永久磁石回転電機の制御回路の回路図である。

【図4】本発明の一実施の形態による永久磁石回転電機の動作原理図である。

【図5】本発明の他の実施の形態による永久磁石回転電機の回転子の断面図である。

【図6】本発明の第3の実施の形態による永久磁石回転電機の回転子の断面図である。

【図7】本発明の第4の実施の形態による永久磁石回転電機の回転子の断面図である。

【図8】本発明の第5の実施の形態による永久磁石回転電機を搭載した電気自動車のブロック構成図である。

【符号の説明】

10…永久磁石回転電機

20…固定子

22…固定子鉄心

24…固定子巻線

26…ハウジング

30…回転子

32…回転子鉄心

32A…ヨーク

32B…外周部

32B2…補助磁極片部

32B1…磁極片部

32B3…ブリッジ部

34…永久磁石挿入穴

36…永久磁石

38…シャフト

39…風孔

46、48…エンドブラケット

42、44…ベアリング

52、54…ブリッジ部の孔

62、64…スリット部

80…直流電源

82…インバータ

84…速度制御回路

86…F/V変換器

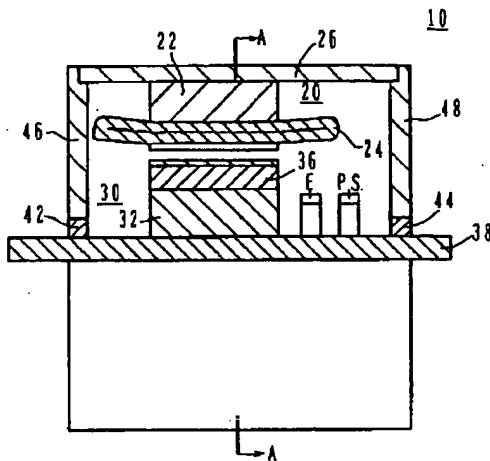
88…位相シフト回路

92…2相-3相変換回路
 90…正弦波・余弦波発生器
 94A, 94B, 94C…電流制御系
 100…車体
 110, 112, 114, 116…車輪
 130…制御装置
 140…バッテリー

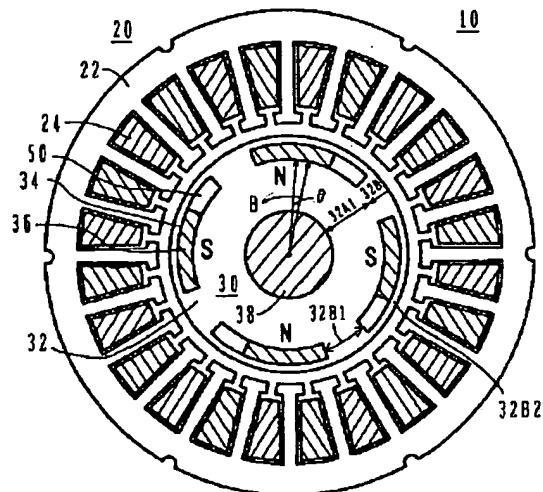
* 150…ハンドル
 152…ステアリングギア
 154…車軸
 PS…位置検出器
 E…エンコーダ
 CT…電流検出器

*

【図1】

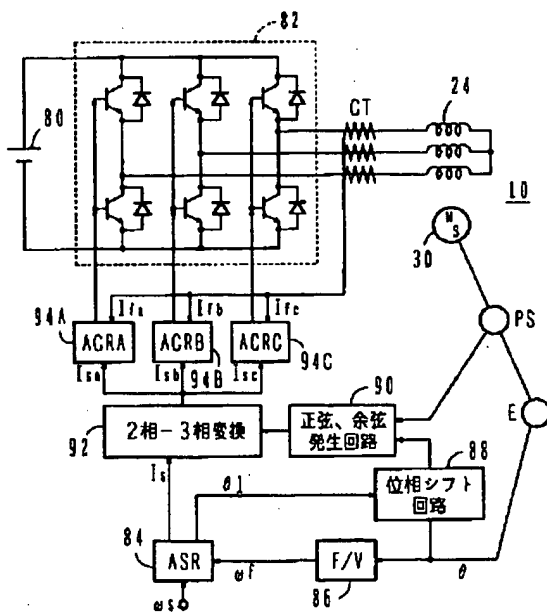


【図2】

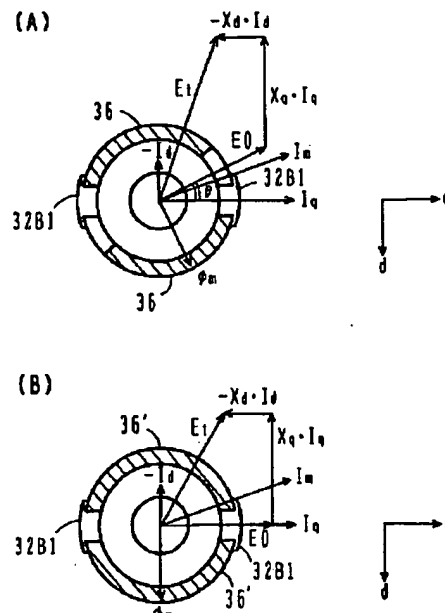


10: 永久磁石回転電機 30: 回転子
 20: 固定子 32: 回転子鉄心
 22: 固定子鉄心 34: 永久磁石挿入穴
 24: 固定子巻線 36: 永久磁石

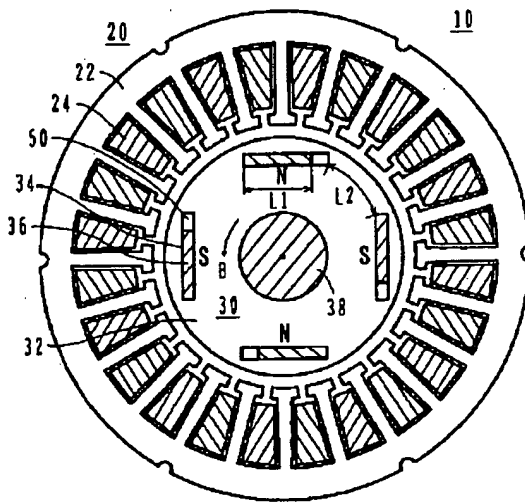
【図3】



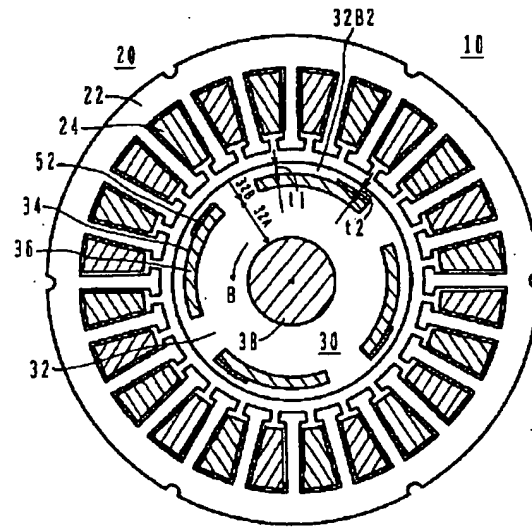
【図4】



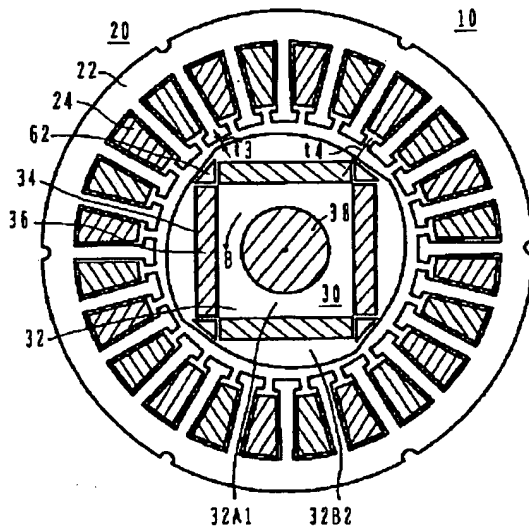
【図5】



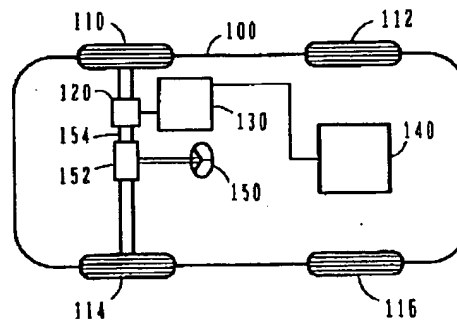
【図6】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

(72)発明者 川又 昭一

茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社日立製作所日立研究所内

(72)発明者 渋谷 末太郎

茨城県ひたちなか市大字高場2520番地 株式会社日立製作所自動車機器事業部内

(72)発明者 小泉 修

茨城県ひたちなか市大字高場2520番地 株式会社日立製作所自動車機器事業部内

(72)発明者 小田 圭二

茨城県ひたちなか市高場2477番地 株式会社日立カーエンジニアリング内